



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

21 Aktenzeichen: 100 03 533.7  
22 Anmeldetag: 27. 1. 2000  
43 Offenlegungstag: 9. 8. 2001

DE 100 03 533 A 1

71 Anmelder:  
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE  
74 Vertreter:  
Gagel, R., Dipl.-Phys. Univ. Dr.rer.nat., Pat.-Anw.,  
81241 München

72 Erfinder:  
Müller, Wolfgang, 64295 Darmstadt, DE; Voss,  
Gerrit, 64354 Reinheim, DE; Bockholt, Ulrich, 55116  
Mainz, DE; Lahmer, Armin, Dr., 55122 Mainz, DE;  
Boerner, Martin, Prof., 65824 Schwalbach, DE

56 Entgegenhaltungen:  
Jose Luis Moctezuma de la Barrera: Ein durchgän-  
giges System zur computer- und roboterunter-  
stützten Chirurgie, Springer-Verlag, Berlin  
Heidelberg New York Hong Kong Barcelona  
Budapest,  
1996, Bd. 99, S. 1-160;  
Computer Assisted Mesical Interventions in Z:IEEE  
Engineering in Medicine and Biology, Mai/June  
1995  
S. 254-263;  
Virtual Reality in der Orthopädie: Prizipien,  
Möglichkeiten und Perspektiven in Z: Z. Orthop.  
133 (1995), S. 492-500;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Vorrichtung und Verfahren zur Bestimmung von Daten für das Einpassen einer Knochen- oder Gelenk-Prothese

57 Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Bestimmung von Daten für das Einpassen einer Knochen- oder Gelenk-Prothese, insbesondere einer Knieprothese. Die Vorrichtung ermöglicht die grafische Darstellung von Schnittebenen durch Knochen sowie einzupassende Prothesen-Komponenten, deren Bild-daten eingegeben werden. Über eine Benutzerschnittstelle lassen sich die darzustellenden Schnittebenen auswählen. Mit Hilfe der grafischen Darstellungen ermöglicht die Benutzerschnittstelle die Festlegung von Hilfslinien in einem mit den Knochen fest verbundenen Koordinatensystem, eine Auswahl von darzustellenden Prothesen-Komponenten sowie deren dreidimensionale Positionierung und Ausrichtung relativ zu den Knochen. Die Vorrichtung weist weiterhin eine Einheit zur Erfassung der Position und Ausrichtung der platzierten Prothesen-Komponenten relativ zu den Knochen und zur Bereitstellung der erfassten Daten an einer Ausgabeschnittstelle auf. Mit Hilfe der Vorrichtung und des Verfahrens lassen sich die für einen chirurgischen Eingriff erforderlichen Daten über die durchzuführenden Schnitte mit hoher Präzision bestimmen. Die Daten dienen insbesondere zur Ansteuerung eines Werkzeugsystems zur Durchführung der chirurgischen Schnitte.

DE 100 03 533 A 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung sowie ein Verfahren zur Bestimmung von Daten für das Einpassen einer Knochen- oder Gelenk-Prothese, insbesondere einer Knieprothese.

Der Ersatz eines Kniegelenks oder eines Teils des Kniegelenks zählt heutzutage zu einem für die Patienten vielversprechenden chirurgischen Eingriff. Die Anzahl der Operationen zum Einsatz von künstlichen Kniegelenken ist in den letzten Jahren sprunghaft angestiegen, wobei auch jüngere Patienten zunehmend endoprothetisch versorgt werden müssen. Bei einem derartigen Eingriff werden Knochenbereiche am distalen Ende des Oberschenkelknochens (Femur) sowie am proximalen Ende des Schienbeins (Tibia) herausgeschnitten bzw. herausgefräst und durch entsprechende Prothesen-Komponenten ersetzt. Der Erfolg des Eingriffes hängt in starkem Maße von einer exakten Schnittführung und einer guten Anpassung der Prothese an die jeweilige anatomische Situation bei dem Patienten ab. Für die präzise anatomische Platzierung der einzelnen Komponenten der Knieprothese sind daher eine exakte präoperative Planung und deren intraoperative Umsetzung sehr wichtig.

So kann sich aus einer ungenauen Positionierung und Orientierung bzw. Ausrichtung der Prothesen eine begrenzte Standzeit ergeben. Im Falle einer Lockerung oder eines Verschleißes der Endoprothesen muss anschließend eine schwierigere Revisions- oder Austauschoperation durchgeführt werden.

Die vorliegende Erfindung befasst sich mit der präoperativen Planung zur Bestimmung von Daten für das exakte Einpassen einer Knieprothese in der orthopädischen Chirurgie.

## Stand der Technik

Bei den bisher eingesetzten Verfahren zur Implantation eines künstlichen Kniegelenks werden zunächst Röntgenbilder von Femur, Kniegelenk und Tibia des Patienten angefertigt. Anschließend wird mit Hilfe von Schablonen die Größe der Prothese sowie deren Orientierung anhand der zweidimensional vorliegenden Röntgenbilder festgelegt. Nach dieser Festlegung werden die erforderlichen Knochenschnitte am distalen Femur- sowie am proximalen Tibiaende abgeleitet. Die Ausrichtung der einzupassenden Prothesen gilt als ideal, wenn die Knochenschnitte senkrecht zur mechanischen Achse, der Verbindungslinie zwischen dem Mittelpunkt des Oberschenkelkopfes und dem Mittelpunkt des Knöchels, liegen. Diese ideale Ausrichtung lässt sich mit der eingesetzten Schablonentechnik jedoch nur unzureichend verwirklichen, da die Bestimmung der mechanischen Achse anhand der vorliegenden zweidimensionalen Röntgenbilder nicht unmittelbar erfolgen kann. Die Bestimmung der mechanischen Achse erfolgt hierbei vielmehr nur mittelbar über die Bestimmung der anatomischen Achsen von Femur und Tibia sowie unter Zugrundelegung zusätzlicher Annahmen bezüglich der gegenseitigen Orientierung von anatomischer und mechanischer Achse.

Die Durchführung des chirurgischen Eingriffes erfolgt anschließend mit Hilfe dieser Daten und unter Einsatz mechanischer Zielsysteme, die eine präzise intraoperative Ausrichtung der Schablonen gewährleisten sollen. Die in der Regel manuelle Werkzeugführung beim Schneiden bzw. Fräsen der Knochenbereiche ist hierbei wiederum stark von der exakten Anordnung der mechanischen Zielsysteme am Knochen sowie der Zuordnung zu den vorangehend eingesetzten und positionierten Schablonen abhängig.

Die Nachteile des bisher eingesetzten Verfahrens beste-

hen daher in erster Linie in der mangelnden Genauigkeit, mit der die erforderlichen Prothesen und Knochenschnitte bestimmt werden können. Aufgrund der Planung mit Hilfe von einfachen Röntgenbildern und Schablonen können schon im Vorfeld Genauigkeitsverluste entstehen, die sich bei der intraoperativen geometrischen Zuordnung der Schablonen zu den eingesetzten mechanischen Zielsystemen noch erhöhen können.

Ausgehend von diesem Stand der Technik besteht die Aufgabe der Erfindung darin, eine Vorrichtung sowie ein Verfahren zur Bestimmung von Daten für das Einpassen einer Knochen- oder Gelenk-Prothese, insbesondere einer Knieprothese, anzugeben, die das Einpassen der Prothese sowie die Durchführung des späteren intraoperativen Schrittes mit erhöhter Genauigkeit ermöglichen. Die Vorrichtung soll weiterhin die Auswahl einer an die jeweiligen anatomischen Vorgaben angepassten Prothese erleichtern sowie die exakte Bestimmung der mechanischen Achsen und somit eine ideale Ausrichtung der Prothesen ermöglichen.

## Darstellung der Erfindung

Die Aufgabe wird mit der Vorrichtung und dem Verfahren nach den Ansprüchen 1 bzw. 5 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Vorrichtung und des Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Bestimmung von Daten für das Einpassen einer Prothese stellt eine Schnittstelle zum Einlesen von Bilddaten zur Verfügung, die eine dreidimensionale Darstellung von Objekten ermöglichen. Die Vorrichtung weist eine Recheneinheit auf, die grafische Darstellungen wählbarer Schnittebenen durch die Objekte und/oder wählbarer perspektivischer Darstellungen der Objekte aus den eingelesenen Bilddaten berechnet. Die Vorrichtung besteht weiterhin aus einer Anzeigeeinheit zur Wiedergabe der berechneten grafischen Darstellungen und einer Speichereinheit zum Abspeichern der Bilddaten. Die Objekte stellen hierbei Knochen einer Person sowie vorgegebene Prothesen-Komponenten oder Modelle hiervon dar.

Im Nachfolgenden wird in diesem Zusammenhang jeweils beispielhaft auf Femur und Tibia sowie auf Knieprothesen-Komponenten Bezug genommen. Es versteht sich jedoch von selbst, dass die erfindungsgemäße Vorrichtung auch für das Einpassen von Prothesen in anderen Körperbereichen geeignet ist, wobei dann die Bilddaten der entsprechenden Knochen und Prothesen-Komponenten durch die Vorrichtung verarbeitet und dargestellt werden.

Die Vorrichtung hat eine Benutzerschnittstelle zur Auswahl der darzustellenden Schnittebenen und/oder perspektivischen Darstellungen. Die Benutzerschnittstelle ist erfindungsgemäß derart ausgebildet, dass sie – mit Hilfe der grafischen Darstellungen an der Anzeigeeinheit – die Festlegung von Hilfslinien in einem mit Femur und Tibia fest verbundenen Koordinatensystem, eine Auswahl von darzustellenden Prothesen-Komponenten und deren dreidimensionale Positionierung und Ausrichtung relativ zu Femur und Tibia innerhalb der grafischen Darstellungen ermöglicht. Die Vorrichtung weist schließlich noch eine Einheit zur Erfassung der Position und Ausrichtung der auf diese Weise platzierten Knieprothesen-Komponenten relativ zu Femur und Tibia und zur Bereitstellung der erfassten Daten an einer Ausgabeschnittstelle vor.

Mit dieser erfindungsgemäßen Vorrichtung lassen sich die einzelnen präoperativen Schritte zum Einsetzen einer Knieprothese bei einem Patienten mit hoher Genauigkeit planen. Hierbei ist die Recheneinheit vorzugsweise so ausgestaltet, dass sie die grafischen Darstellungen wählbarer Schnittebenen bzw. die perspektivischen Darstellungen aus einer

Schichtdatensequenz, wie sie im Rahmen einer Computertomografie erzeugt wird, berechnen kann. Die Bilddaten für die Prothesen-Komponenten liegen vorzugsweise als dreidimensionale Modelle dieser Komponenten vor. Nach dem Eingeben bzw. Einlesen der Bilddaten über die Eingabschnittstelle kann der Benutzer über die Benutzerschnittstelle die für die Auswahl bzw. Positionierung und Ausrichtung einer Prothese erforderlichen Ansichten von Femur und Tibia wählen. Bei dieser Benutzerschnittstelle handelt es sich um eine grafische Benutzerschnittstelle (Graphical User Interface), über die der Benutzer vorzugsweise drei zueinander senkrechte Schnittebenen durch Femur und Tibia auswählt. Anhand dieser grafischen Darstellungen ist es möglich, die mechanische Achse als Hilfslinie in den jeweiligen Darstellungen exakt festzulegen. Die jeweiligen einzupassenden Knieprothesen-Komponenten können ebenfalls in diese Darstellungen eingeblendet und entsprechend positioniert und ausgerichtet werden. Die Möglichkeit der dreidimensionalen Darstellung bzw. der Darstellung unterschiedlicher Schnittebenen in unterschiedlichen Raumrichtungen ermöglicht hierbei die exakte Positionierung und Ausrichtung der jeweiligen Prothesen-Komponenten am Anzeigegerät. Hierbei lassen sich die Prothesen mit ihren Hauptflächen insbesondere auf einfache Weise senkrecht zur vorher bestimmten mechanischen Achse ausrichten.

Es versteht sich von selbst, dass die Darstellung von Prothesen bei der Ausrichtung und Positionierung am Anzeigegerät im gleichen Maßstab erfolgt, wie die Darstellung von Femur bzw. Tibia. Weiterhin ist es zur Bestimmung der mechanischen Achse erforderlich, die Bilddaten von Femur und Tibia einschließlich des Oberschenkelkopfes und des Knöchels zur Verfügung zu haben.

Nach der präzisen Positionierung und Ausrichtung der jeweiligen Prothesen-Komponenten innerhalb des dargestellten Bilddatensatzes bzw. der Ausschnitte hiervon, erfasst eine Einheit der Vorrichtung die Position und Ausrichtung dieser ausgewählten bzw. platzierten, Prothesen-Komponenten in Relation zum patientenspezifischen Bilddatensatz, das heißt zu Femur und Tibia, und stellt diese Daten an einer Ausgabeschnittstelle zur Verfügung.

Diese Daten werden von einem Werkzeugsystem zur intraoperativen Generierung der einzelnen Schnittflächen weiterverarbeitet und intraoperativ mit hoher Präzision umgesetzt. Bei diesem System kann es sich um ein automatisches oder teilautomatisches Werkzeugsystem bzw. Robotersystem handeln, das nach entsprechender Positionierung relativ zu Femur und Tibia den Schnitt bzw. das Fräsen der mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung bestimmten Schnittflächen an Femur und Tibia des Patienten vornimmt. Es kann sich hierbei auch um ein teilautomatisches System handeln, das eine manuelle Schnittführung ermöglicht, diese jedoch auf bestimmte, durch die vorher erfassten Daten vorgegebene Raumebenen beschränkt.

Da sich die chirurgischen Schnittflächen an Femur und Tibia bereits aus der Positionierung und Ausrichtung sowie den geometrischen Daten der platzierten Knieprothesen-Komponenten ergeben, kann die Festlegung der Schnittflächen durch das teil- bzw. vollautomatisierte intraoperative System erfolgen. Vorzugsweise beinhaltet jedoch die erfindungsgemäße Vorrichtung bereits ein Modul zur Bestimmung dieser chirurgischen Schnittflächen und zur Bereitstellung der Daten über die Schnittflächen an der Ausgabeschnittstelle.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung wie auch das zugehörige Verfahren ermöglichen eine präzisere Positionierung der Prothesen-Komponenten als sie mit dem bekannten Verfahren des Standes der Technik realisierbar sind. Dies führt zu einer Erhöhung der Implantat-Standzeit und somit zu ei-

ner wesentlichen Verbesserung der Lebensqualität der Patienten.

Gerade die durch die Vorrichtung ermöglichte Planung und Bestimmung der erforderlichen Daten in drei Dimensionen unter Berücksichtigung der patientenspezifischen anatomischen Situation erhöht die Präzision bei der Bestimmung der Daten in vorteilhafter Weise. Hierbei ist man nicht mehr wie beim bekannten Verfahren des Standes der Technik auf zweidimensionale Projektionen angewiesen, sondern kann beliebige dreidimensionale Ansichten im patientenspezifischen Datensatz wählen, wobei die großen individuellen Schwankungen anatomischer Formen berücksichtigt werden können. Durch die Möglichkeit der dreidimensionalen Darstellung bzw. der Darstellung beliebiger Schnittebenen durch Femur und Tibia lassen sich gerade die für eine exakte Ausrichtung der Prothesen wichtigen mechanischen Achsen zuverlässig bestimmen und darstellen.

In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung beinhaltet diese ein Modul mit Bilddaten einer Vielzahl von verfügbaren Prothesen-Komponenten, deren Daten, wie Größe, Typ und Hersteller, am Anzeigegerät darstellbar sind. Aufgrund dieser Daten kann der Benutzer zunächst geeignete Prothesen-Komponenten auswählen und anschließend zur Positionierung und Ausrichtung grafisch darstellen.

In einer weiteren Ausbaustufe der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist weiterhin eine Einheit zur Erfassung von Abständen und/oder Winkeln in der grafischen Darstellung sowie zur Anzeige dieser Abstände bzw. Winkel am Anzeigegerät vorgesehen. Dies erleichtert zusätzlich die Auswahl der geeigneten Prothesen, indem vor der Auswahl die entsprechenden Abstände bzw. Winkel in der am Anzeigegerät gewählten Darstellung von Femur und Tibia erfasst werden. Anhand dieser geometrischen Werte kann dann in Verbindung mit den Prothesendaten eine geeignete Prothese aufgefunden werden. Dies ermöglicht eine wesentlich zuverlässigere Auswahl der Prothesen als sie mit dem bekannten Verfahren erreicht werden kann.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Bestimmung von Daten für das Einpassen einer Prothese zeichnet sich dadurch aus, dass zunächst eine dreidimensionale Darstellung ermöglichende Bilddaten von Objekten in ein Datenverarbeitungssystem eingelesen werden. Diese Bilddaten umfassen beispielsweise Femur und Tibia sowie eine oder mehrere Modelle einzupassender Knieprothesen-Komponenten. Schnittebenen durch diese Objekte in drei zueinander senkrechten Ebenen und/oder perspektivische Darstellungen der Objekte werden durch das Datenverarbeitungssystem an einer Anzeigeeinheit angezeigt. Schließlich werden die einzupassenden Knieprothesen-Komponenten relativ zu Femur und Tibia innerhalb der Darstellungen in drei Dimensionen positioniert und ausgerichtet. Die Position und Ausrichtung der platzierten Knieprothesen-Komponenten relativ zu Femur und Tibia wird durch das Datenverarbeitungssystem erfasst. Die erfassten Daten werden anschließend für die Ansteuerung eines Werkzeugsystems oder Roboters zur intraoperativen Durchführung der Knochenschnitte bereitgestellt. Die Positionierung und Ausrichtung der Prothesen-Komponenten erfolgt anhand der vorliegenden Geometrien des distalen Femures bzw. des proximalen Tibiaendes und der bekannten Geometrien der Prothesen-Komponenten. Zusätzlich kann die mechanische Achse von Femur und Tibia in der grafischen Darstellung festgelegt und als Hilfsmittel zur Positionierung und Ausrichtung der Knieprothesen-Komponenten eingesetzt und in die grafischen Darstellungen eingeblendet werden. Weiterhin können die für die intraoperative Durchführung erforderlichen chirurgischen Schnittflächen vom Datenverarbeitungssystem bestimmt

und für die Ansteuerung des Systems zur Durchführung der Knochenschnitte bereitgestellt werden.

Bei diesem Verfahren ist zu beachten, dass es nicht notwendigerweise durch einen Chirurgen durchgeführt werden muss, sondern jederzeit von einer gewerblichen Drittfirma eingesetzt werden kann, die dem Chirurgen die berechneten Daten zur Verfügung stellt. Der Chirurg kann anschließend die Daten nochmals vor der Durchführung des Eingriffes anhand einer grafischen Darstellung überprüfen.

#### Wege zur Ausführung der Erfindung

Die erfindungsgemäße Vorrichtung sowie das erfindungsgemäße Verfahren werden nachfolgend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens nochmals anhand eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit den Zeichnungen näher erläutert. Hierbei zeigen:

**Fig. 1** schematisch ein Beispiel für den Aufbau der erfindungsgemäßen Vorrichtung; und

**Fig. 2** ein Beispiel für die grafischen Darstellungen an der grafischen Benutzerschnittstelle der Vorrichtung der **Fig. 1**.

In der **Fig. 1** ist die erfindungsgemäße Vorrichtung in stark schematisierter Form dargestellt. Die Figur zeigt die Eingabeschnittstelle 1 für die Eingabe einer Schichtdatensequenz 2 – zur Veranschaulichung als einzelne Schichtbilder einer Computertomografie dargestellt – und der Bilddaten 3 für einzupassende bzw. verfügbare Knieprothesen-Komponenten 4 – zur Veranschaulichung als Bild einer Knieprothese 4 dargestellt. Die Vorrichtung umfasst weiterhin das Planungssystem 5 umfassend die Recheneinheit, die Speichereinheit sowie die Einheit zur Erfassung der Position und Ausrichtung der platzierten Knieprothesen-Komponenten. Die berechneten grafischen Daten werden der Anzeigeeinheit 6 zugeführt, die gleichzeitig die grafische Benutzerschnittstelle 7 darstellt. Die Eingaben an dieser grafischen Benutzerschnittstelle 7 werden wiederum dem Planungssystem 5 übermittelt. Die schließlich erfassten Daten werden an der Ausgabeschnittstelle 8 als Steuerdaten für einen Roboter zur Durchführung bzw. Unterstützung der Schnittführung beim chirurgischen Eingriff zur Verfügung gestellt.

Es versteht sich von selbst, dass die Bilddaten zur Eingabe in die erfindungsgemäße Vorrichtung beliebige Datenformate aufweisen können. Die Erfindung ist somit nicht auf die Bereitstellung der Daten in Form eines Computertomogramms beschränkt. Ebenso umfasst die Benutzerschnittstelle 7 nicht notwendigerweise ausschließlich eine grafische Benutzerschnittstelle sondern kann mit weiteren Eingabeschnittstellen, beispielsweise einer Tastatur, ausgestattet sein.

Im Folgenden werden beispielhaft Schritte zur Vorbereitung einer Implantation von Knieprothesen-Komponenten, das heißt zur Bestimmung der erforderlichen Daten mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung, dargestellt. Zunächst wird der patientenspezifische dreidimensionale Bilddatensatz ausgewählt und über die Schnittstelle 1 in die Vorrichtung geladen. Dieser patientenspezifische Bilddatensatz setzt sich im vorliegenden Beispiel aus den Daten einer Computertomografie am Bein des Patienten zusammen.

Anschließend werden geeignete Darstellungen von Femur und Tibia ausgewählt, die die Bestimmung der mechanischen und anatomischen Achsen am Bildschirm 6 ermöglichen. Hierbei werden vorzugsweise jeweils Schnittebenen in den drei zueinander senkrechten Raumachsen gewählt. Durch ein entsprechendes Eingabegerät, z. B. eine Maus, können die Mittelpunkt des Oberschenkelkopfes sowie des Knöchels festgelegt und in jeder beliebigen Darstellung innerhalb des Bilddatensatzes dargestellt werden. Der patientenspezifische Bilddatensatz kann ausgerichtet werden. Auf

diese Weise ist eine bessere Orientierung gewährleistet, um beispielsweise den Verlauf der anatomischen oder mechanischen Achsen deutlicher darzustellen und besser beurteilen zu können. Dabei ist die Ansicht frei wählbar und man ist nicht wie bei den bisher eingesetzten Methoden auf zweidimensionale Projektionen angewiesen.

Aus einer Prothesenbibliothek können die für den Patienten geeigneten Prothesen-Komponenten gewählt und geladen werden. Bereits vor der Auswahl der geeigneten Prothesen können Distanzmessungen innerhalb des Bilddatensatzes am Bildschirm durchgeführt werden und erlauben in Verbindung mit der Anzeige bzw. dem Einblenden prothesenspezifischer Informationen eine präzise Selektion der Prothesen unter Berücksichtigung der patientenspezifischen Besonderheiten. Die prothesenspezifischen Informationen beziehen sich hierbei in erster Linie auf Größe, Hersteller und Typ der jeweiligen Prothesen. Nach Auswahl der Prothesen können diese in die jeweilige Darstellung von Femur und Tibia maßstabsgetreu eingeblendet und darin positioniert und ausgerichtet, das heißt in ihrer dreidimensionalen Orientierung zu Femur und Tibia verändert werden. Das System erlaubt eine separate präzise Positionierung und Ausrichtung der tibialen und femoralen Komponenten auf Basis des patientenspezifischen Bilddatensatzes.

Dies ist in **Fig. 2** zu erkennen, in der ein Beispiel einer grafischen Benutzerschnittstelle 7 der erfindungsgemäßen Vorrichtung im Detail dargestellt ist. Die Figur zeigt eine Momentaufnahme während des Einsatzes dieser grafischen Benutzerschnittstelle. Die oberen beiden Bildausschnitte stellen hierbei zwei orthogonale Schnittebenen durch Femur 9 und Tibia 10 eines Patienten dar. Im linken unteren Bildausschnitt ist eine Schnitansicht in der verbleibenden orthogonalen Raumebene zu erkennen. In allen drei Abbildungen ist eine Knieprothesen-Komponente 4 in der jeweiligen Schnitansicht dargestellt. Diese Knieprothesen-Komponente kann innerhalb der Darstellungen relativ zu Femur 9 und Tibia 10 in drei Dimensionen verschoben und gedreht, d. h. positioniert und ausgerichtet werden.

In allen drei Ansichten ist schließlich auch die bereits vorher bestimmte mechanische Achse 11 zu erkennen, die die Ausrichtung der Knieprothese 4 erleichtert. Das zusätzliche Einblenden von Raumachsen oder der mechanischen bzw. den anatomischen Achsen gewährleistet die Überprüfung der Lage der jeweiligen Komponenten zueinander. In gleicher Weise können die Abstände und Winkel nochmals gemessen und überprüft werden.

Die Berechnung der Schnittflächen und deren dreidimensionale Darstellung in einem separaten Ausgabefenster, wie dies im rechten unteren Bild der **Fig. 2** zu erkennen ist, erlaubt die Kontrolle der geplanten Schnittführung. Auch hierbei kann wiederum die Ansicht frei gewählt werden.

Als Ergebnisdaten liefert die Vorrichtung prothesenspezifische Informationen der ausgewählten Knieprothese sowie die Lage, das heißt die Position und Ausrichtung bzw. Orientierung, des Implantats in Relation zum patientenspezifischen Bilddatensatz. Diese für die intraoperative Umsetzung relevanten Parameter werden abgespeichert und dem nachfolgenden (intraoperativen) System zur Generierung der einzelnen Schnittflächen zur Verfügung gestellt.

Durch den Einsatz dieser Vorrichtung wird die präzise Bestimmung der mechanischen Achsen im Vorfeld einer Operation ermöglicht, so dass die geeigneten Prothesen-Komponenten zuverlässig ausgewählt werden können. Diese Bestimmung sowie die Möglichkeit der präzisen Positionierung und Ausrichtung der Prothesen im patientenspezifischen Bilddatensatz führt zu einer präziseren Einpassung einer Prothese. Die erfindungsgemäße Vorrichtung stellt schließlich die erforderlichen Steuerdaten für die unter-

schiedlichen durchzuführenden Knochenschnitte für ein chirurgisches Robotersystem zur Verfügung.

#### Bezugszeichenliste

1 Eingabeschnittstelle	5
2 CT-Bilddaten	
3 Knieprothesen-Komponenten-Bilddaten	
4 Knieprothesen-Komponente	
5 Planungssystem	10
6 Anzeigeeinheit	
7 grafische Benutzerschnittstelle	
8 Ausgabeschnittstelle	
9 Femur	
10 Tibia	15
11 mechanische Achse	

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Bestimmung von Daten für das Einpassen einer Knochen- oder Gelenk-Prothese, insbesondere einer Knieprothese, mit

- einer Schnittstelle (1) zum Einlesen von Bilddaten (2, 3), die eine dreidimensionale Darstellung von Objekten ermöglichen; 25
- einer Recheneinheit, die grafische Darstellungen wählbarer Schnittebenen durch die Objekte und/oder wählbare perspektivische Darstellungen der Objekte aus eingelesenen Bilddaten (2, 3) berechnet, wobei die Objekte Knochen (9, 10) oder Knochenabschnitte sowie vorgegebene Prothesen-Komponenten (4) sind; 30
- einer Anzeigeeinheit (6) zur Wiedergabe der berechneten grafischen Darstellungen;
- einer Speicher-Einheit zum Abspeichern der Bilddaten; 35
- einer Benutzerschnittstelle (7) zur Auswahl der darzustellenden Schnittebenen und/oder perspektivischen Darstellungen, wobei die Benutzerschnittstelle (7) derart ausgebildet ist, dass sie die Festlegung von Hilfslinien (11) in einem mit dem/ den Knochen (9, 10) fest verbundenen Koordinatensystem in den grafischen Darstellungen, eine Auswahl von darzustellenden Prothesen-Komponenten (4) und deren dreidimensionale Positionierung und Ausrichtung relativ zu dem/den Knochen (9, 10) innerhalb der grafischen Darstellungen ermöglicht; und 40
- einer Einheit zur Erfassung der Position und Ausrichtung der positionierten und ausgerichteten Prothesen-Komponente(n) (4) relativ zu dem/den Knochen (9, 10) und zur Bereitstellung der erfassten Daten an einer Ausgabeschnittstelle (8). 45

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass weiterhin ein Modul zur Bestimmung von chirurgischen Schnittflächen an dem/den Knochen (9, 10) anhand der platzierten Prothesen-Komponente(n) (4) und zur Bereitstellung von Daten über die Schnittflächen an der Ausgabeschnittstelle (8) vorgesehen ist. 50

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass sie ein Modul mit Bilddaten und Informationen einer Vielzahl von verfügbaren Prothesen-Komponenten (4) beinhaltet, wobei die Informationen an der Anzeigeeinheit (6) dargestellt werden können. 65

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass weiterhin eine Einheit zur Erfassung von Abständen und/oder Winkeln in den

grafischen Darstellungen und zur Anzeige dieser Abstände und/oder Winkel an der Anzeigeeinheit (6) vorgesehen ist.

5. Verfahren zur Bestimmung von Daten für das Einpassen einer Knochen- oder Gelenk-Prothese, insbesondere einer Knieprothese, mit folgenden Schritten:  
- Einlesen von Bilddaten (2, 3) von Objekten in ein Datenverarbeitungssystem (5), die die dreidimensionale Darstellung der Objekte ermöglichen, wobei die Objekte ein oder mehrere Knochen (9, 10) oder Knochenabschnitte sowie eine oder mehrere einzupassende Prothesen-Komponenten (4) sind;

- rechnergestützte grafische Darstellung von Schnittebenen durch die Objekte in drei zueinander senkrechten Ebenen und/oder perspektivische Darstellungen der Objekte durch das Datenverarbeitungssystem (5) an einer Anzeigeeinheit (6);  
- dreidimensionales Positionieren und Ausrichten der Prothesen-Komponente(n) (4) relativ zu dem/den Knochen (9, 10) innerhalb der Darstellung(en);

- Erfassen der Position und Ausrichtung der platzierten Prothesen-Komponente(n) (4) relativ zu dem/den Knochen (9, 10) durch das Datenverarbeitungssystem (5); und

- Bereitstellung der erfassten Daten für die Ansteuerung eines Werkzeugsystems zur Durchführung der Schnitte.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass mechanische Achsen (11) des/der Knochen (9, 10) in der grafischen Darstellung festgelegt und als Hilfsmittel zur Positionierung und Ausrichtung der Prothesen-Komponente(n) (4) eingesetzt werden.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass nach der Positionierung und Ausrichtung der Prothesen-Komponente(n) (4) vom Datenverarbeitungssystem (5) die chirurgischen Schnittflächen bestimmt und als Daten für die Ansteuerung des Werkzeugsystems bereitgestellt werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass vor der Positionierung und Ausrichtung ein oder mehrere Prothesen-Komponente(n) (4) anhand ihrer Geometrie und Abmessungen aus einer Datenbank mit den eingelesenen Prothesen-Komponenten ausgewählt werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Bilddaten (2) von dem/den Knochen (9, 10) als Schichtdatensätze eines Computertomografen vorliegen.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

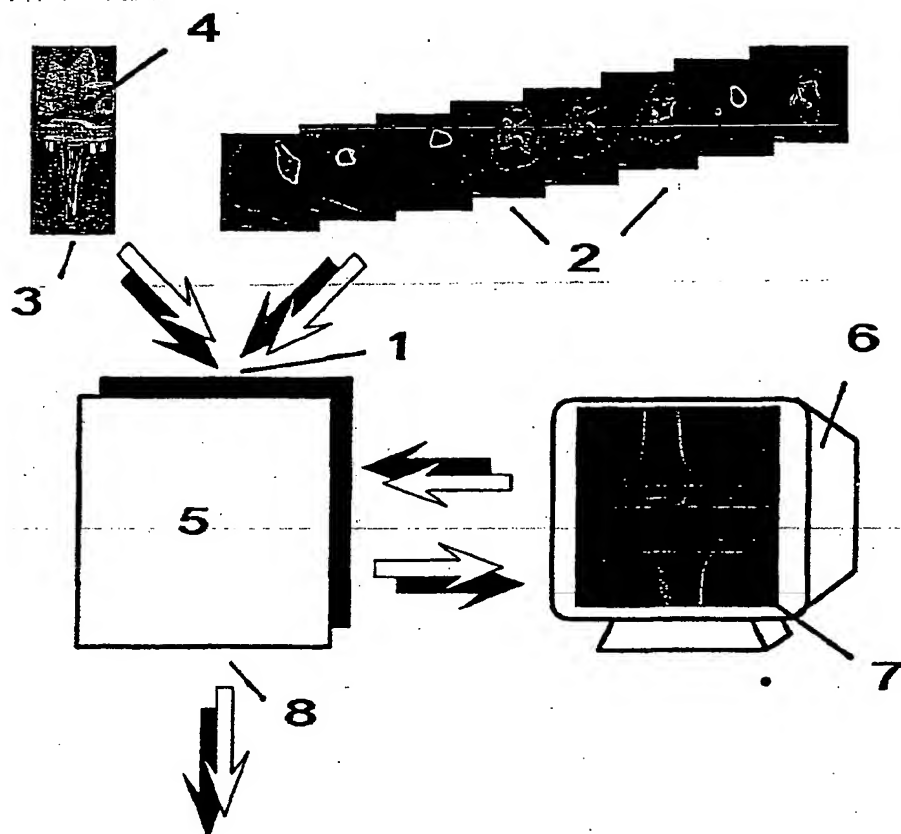


FIG. 1

